

Resumen del artículo

Teorías de sistemas complejos: marco epistémico para abordar la complejidad socioambiental

Theories of complex systems: an epistemic framework for analyzing socioenvironmental complexity

Eduardo Martínez Romero

Investigación y Soluciones Socioambientales, SNI I, México.

eduardo.martinez@surverde.org

 <https://orcid.org/0000-0002-2053-3766>

Doctorado en Investigación en Ciencias Sociales con mención Sociología en La Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (FLACSO), México.

Ligia Guadalupe Esparza Olguín

El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Campeche, SNI I, México.

lgeo.ecosur@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-4211-0203>

Doctora en Ciencias por la Universidad Nacional Autónoma de México, México.

Recibido: 31 de septiembre de 2019

Aprobado: 21 de febrero de 2020

Resumen

El objetivo del artículo es revisar el marco epistémico de la teoría general de sistemas y la teoría de sistemas complejos en un contexto comparativo y crítico destacando su importancia metodológica para el análisis de la problemática ecológica, ambiental y socioambiental. El artículo analiza la aportación del pensamiento sistémico y modelos para explicar el cambio social e histórico y el símbolo como enlace interdisciplinario. El pensamiento sistémico se analiza desde tres perspectivas y sus posibles controversias: la ciencia de la complejidad, el pensamiento complejo y la teoría constructivista de los sistemas complejos.

Palabras clave:

sistemas, complejidad, epistemología, construcción de conocimiento.



Abstract

The article reviews the epistemic framework of general systems theory and complex systems theory in a comparative and critical context, highlighting their methodological importance for the analysis of ecological, environmental, and socioenvironmental problems. It analyzes the contribution of systemic thinking and models to explanations of social and historical change, and the symbol as an interdisciplinary link. Systemic thinking is examined from three perspectives and the possible controversies that result from them: the science of complexity, complex thinking, and the constructivist theory of complex systems.

Keywords:

systems, complexity,
epistemology, knowledge
building.

Eduardo Martínez Romero
Investigación y Soluciones Socioambientales, SNI I, México.

Ligia Guadalupe Esparza Olgún
El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Campeche, SNI I, México.

Introducción

Para abordar el estudio de la complejidad socioambiental, es necesario entenderla como resultado de la interacción entre el ambiente y las sociedades humanas, donde los ámbitos socioculturales, políticos, económicos y jurídicos ocurren en contextos históricos, geográficos y demográficos.¹ El análisis de las problemáticas socioambientales requiere para el entendimiento de su complejidad del enfoque sistémico.

Bertalanffy publica la teoría general de los sistemas en la década de 1930 pero permanece inédita hasta principios de los años cincuenta.² Durante este periodo se lleva a cabo un cambio en el pensamiento científico que transforma la visión del mundo de una perspectiva analítica a una perspectiva sistémica. Es decir, la ciencia en vez de descomponer o analizar sus objetos de estudio reduciéndolos a elementos aislados, intenta explicar los fenómenos a partir de sus múltiples determinaciones o de las interacciones de sus elementos. Este cambio de perspectiva ha tenido un impacto en la ciencia y en la tecnología en todos sus niveles, desde la formulación de la sociedad como un sistema, pasando por la teoría de la información, la teoría de juegos, la teoría de fractales, la cibernética, la inteligencia artificial, la teoría de gráficas, la teoría de colas, la teoría de los sistemas disipativos, la teoría de redes y la teoría de los sistemas complejos. En este contexto, la teoría general de los sistemas aglutina diversos marcos conceptuales y metodológicos bajo una misma perspectiva que puede denominarse pensamiento sistémico.

- 1 Marcelo Arnold Cathalifaud y Anahí Urquiza Gómez “Las amenazas ambientales: Una visión desde la teoría de los sistemas sociopoiéticos”, en *Medio ambiente y sociedad: conceptos, metodologías y experiencias desde las ciencias sociales y humanas*, compilado por Enrique Aliste y Anahí Urquiza (pp. 27-53) (Santiago: Universidad de Chile–RIL Editores, 2010); Dimas Florianí, “Nuevos sentidos para una ciencia socioambiental desde la perspectiva del pensamiento complejo: algunas reflexiones”, *Revista Líder* 24 (mayo de 2014): 9-31; Bárbara Morales, Enrique Aliste, Ignacio Neira y Anahí Urquiza, “La compleja definición del problema socioambiental: racionalidades y controversias”, *MAD* 40 (2019): 43-51.
- 2 Ludwig von Bertalanffy, *Teoría general de los sistemas: fundamentos, desarrollo, aplicaciones* (Ciudad de México: Fondo de Cultura Económica, 2000), 9-29.

3 Bertalanffy, *Teoría general de los sistemas*, 30-48.

Según Bertalanffy, la ciencia anterior al siglo XX explicó los fenómenos observables reduciéndolos al juego de unidades elementales investigables independientes una de otra.³ Sin embargo, a partir de inicios de este siglo surge la necesidad de una visión holista, orgánica o de totalidad, donde los problemas de organización son fenómenos no descomponibles e interacciones dinámicas. El pensamiento sistémico no es nuevo, desde la Edad Media ya se había planteado la posibilidad de estudiar la naturaleza como un todo que interactúa y que es posible conocer gracias a un entendimiento superior o general. Sin embargo, es hasta el siglo XX que el pensamiento sistémico se formaliza a partir de la creciente necesidad de explicar fenómenos complejos no aislados, que interactúan con otros elementos de manera interna y externa.

En particular, en la década de los años cuarenta aparecen tres contribuciones independientes que fortalecen la teoría general de los sistemas: en 1947 la teoría de juegos de von Neumann, en 1948 la cibernética de Norbert Wiener y en 1949 la teoría de la información de Shannon y Weaver. Estos trabajos tienen en común el abordaje de fenómenos complejos de origen diverso desde una perspectiva sistémica. De la Reza señala que la teoría general de los sistemas tiene dos postulados básicos, por una parte, toda existencia y toda práctica humana pueden ser interpretadas por medio de conceptos que reflejan la estructura de la realidad. Por otra parte, el substrato esencial de las ciencias es su convergencia hacia la unidad del conocimiento como resultado del carácter continuo de la naturaleza.⁴ En este contexto, Bertalanffy menciona que la teoría general de los sistemas se ha convertido en un nuevo paradigma, que ha reorientado el pensamiento y la visión del mundo al introducir el pensamiento sistémico como herramienta conceptual y metodológica para su estudio.⁵

Se reconocen como características de la teoría general de los sistemas, la integración en las ciencias naturales y sociales, su potencial para generar explicaciones causales en campos no físicos de la ciencia, y la posibilidad

4 Germán A. de la Reza, *Teoría general de los sistemas: reconstrucción de un paradigma* (Ciudad de México: Universidad Autónoma Metropolitana–Anthropos Editorial, 2010), 63-66.

5 Bertalanffy, *Teoría general de los sistemas*.

de que la instrucción científica adquiriera un carácter integrador u holista.⁶ Se busca la posibilidad de llegar a la “unidad de la ciencia” ya que construye principios unificadores que corren simultáneamente por el universo de las ciencias (isomorfismos).

La posibilidad de construir isomorfismos es uno de los principios fundamentales de la teoría general de los sistemas, implica la correspondencia formal o similitud entre principios generales y leyes especiales en dos o más campos de la investigación. El isomorfismo juega un papel como herramienta de transferencia de leyes de un campo a otro y evita el innecesario descubrimiento de los mismos principios en diferentes campos aislados. A partir del principio de isomorfismo, Bertalanffy construye las leyes homológicas (con un mismo orden) que son leyes equivalentes con independencia de su relación con los factores superficiales.⁷ Esta homología no representa un procedimiento de reducción, sino la correspondencia entre diversos sistemas lo que permite la correcta consideración y explicación del fenómeno.⁸

Otro de los aspectos fundamentales en la teoría general de los sistemas son los conceptos de sistemas cerrados, abiertos y difusos. Un sistema cerrado indica la ausencia de interacciones con el medio circundante o donde las relaciones con el exterior están estrictamente definidas, es decir, en un sentido determinista, donde las relaciones con el contorno son dirigidas de tal manera que todo elemento nuevo tiene una posición y una esencia determinadas. Los sistemas cerrados son limitados en cuanto a su capacidad predictiva, ya que, a través de la teoría del caos, del descubrimiento del Atractor de Lorenz y la aplicación de las ecuaciones no lineales se demostró que a condiciones iguales es posible obtener resultados diferentes.⁹

Los sistemas abiertos se caracterizan por el conjunto de intercambios con el entorno, es decir, por el conjunto de alteraciones en los elementos y las relaciones tanto internas como externas. Un sistema abierto existe dentro de una complejidad organizada, con la cual interactúa y con alto grado de potencial de cambio tanto dentro como fuera del sistema. En este sentido la relación entorno-sistema ha sido estudiada desde cuatro perspectivas: 1) el efecto exterior sobre el sistema; 2) el impacto del sistema sobre el entorno;

6 Bertalanffy, *Teoría general de los sistemas*.

7 Bertalanffy, *Teoría general de los sistemas*.

8 De la Reza, *Teoría general de los sistemas*.

9 De la Reza, *Teoría general de los sistemas*.

3) el efecto del sistema sobre sí mismo, y 4) el efecto del entorno sobre sí mismo. Una de las consecuencias metodológicas del manejo de sistemas como entidades abiertas es la construcción del concepto de incertidumbre que permea todas las ciencias incluyendo la física, por ejemplo, con el concepto de incertidumbre de Heisenberg.¹⁰

10 De la Reza, *Teoría general de los sistemas*.

Existen también los sistemas difusos, donde los límites del contorno son parciales, temporales y fluctuantes, es decir, cambian en función del tiempo y las relaciones, tanto dentro como fuera del sistema. La base matemática es la lógica difusa que permite considerar el continuo de pertenencias en los sistemas formando conjuntos continuos, reemplazando los conjuntos discretos, en este sentido se considera al modelo abierto como un caso especial del modelo difuso.¹¹

11 De la Reza, *Teoría general de los sistemas*.

Para la teoría general de los sistemas los procesos de integración representan el principal aspecto dinámico que diferencia a los sistemas de los agregados, es decir, existe una tendencia hacia el agrupamiento interdependiente. La integración indica una actividad mediante la cual la articulación de objetos en un sistema construye un todo diferente y suficiente para su distinción con el entorno. Si las partes de un sistema interaccionan entre sí y el resultado es distinto a la suma de los componentes, ese todo puede ser más o menos que el agregado en contenidos informativos, diversidad cualitativa, funciones, procesos y estructura. La organización de los componentes y actividades de un sistema presentan un sentido común o combinado, es decir, el proceso de articulación de las diferentes autonomías determina los fines de este.

El sentido de un proceso de integración de un sistema depende de una o varias direcciones interdependientes como la adaptación, la autoorganización, la restricción y la autopoiesis. De manera paralela al proceso de integración corre el proceso de equilibrio que designa todo mecanismo de nivelación de fuerzas antagónicas, entendido en la teoría general de los sistemas como la articulación entre las limitantes del entorno y la adaptación/respuesta del propio sistema. Los sistemas presentan fuerzas de equilibrio de tipo estructural y dinámico que son interdependientes, de tal manera que la alteración de una afecta a la otra y lleva a cabo un balance compensatorio del

sistema. Este balance intenta mantener la estructura fundamental del sistema frente a los efectos perturbadores externos, es decir, el equilibrio requiere el balance entre la restricción externa y la reacción selectiva del sistema para el mantenimiento de sus límites.¹²

Bowler propone un conjunto de premisas que contribuyen a un mejor entendimiento del concepto de sistema, en la que se reflejan nuevos y viejos descubrimientos científicos, la búsqueda de métodos y de coherencia interna cobijada por la teoría general de los sistemas.¹³

1. Todo sistema es un conjunto de relaciones.
2. Todo sistema está conformado por procesos de equilibrio, donde el término “proceso” designa las relaciones entendidas como secuencias de cambio.
3. Si energía, materia o información generan movimiento o trabajo, entonces son indistinguibles en algunas de las relaciones.
4. Todo sistema presenta una resistencia al cambio.
5. Todo sistema es selectivo a sus posibles relaciones.
6. Cada sistema contiene relaciones antagónicas que son equilibradas mediante las interacciones de los elementos.
7. Las interacciones internas determinan la variedad de los subsistemas, el desarrollo del sistema la variedad de las relaciones externas y sus fronteras.
8. Cada sistema tiene el potencial de cambiar mediante sus relaciones externas.
9. Los sistemas tienen límites o fronteras que reflejan las relaciones u operaciones entre lo que incluye y lo que excluye.
10. Las relaciones externas determinan que hay dentro y fuera del sistema y pueden pertenecer a un sistema mayor.
11. El universo consiste en una serie de procesos de síntesis y de desintegración de sistemas o de sistema de sistemas.

La teoría general de los sistemas ha impactado en la ciencia y la tecnología contemporáneas generando metodologías para abordar sus objetos de estudio desde una perspectiva sistémica. Sin embargo, al mismo tiempo la ciencia se ha especializado y en múltiples ocasiones los contactos entre las

- 12 Bertalanffy, *Teoría general de los sistemas*; De la Reza, *Teoría general de los sistemas*.
- 13 Downing Bowler, *General Systems Thinking: Its Scope and Applicability in General Systems Research* (Nueva York: North Holland, 1981), 218-221.

disciplinas o subdisciplinas es cada vez menos frecuente. Ante esta paradoja, la teoría de los sistemas complejos plantea una propuesta para entender la complejidad y permitir la creación de equipos multidisciplinarios con metodologías interdisciplinarias con una base epistemológica. En este ensayo el término epistemológico se refiere a la construcción de conocimiento y García lo plantea de la siguiente forma: reducido a sus términos mínimos, el problema epistemológico que nos preocupa en este contexto puede reducirse a dos preguntas: ¿qué conocemos? y ¿cómo lo conocemos?¹⁴

- 14 Rolando García, *Sistemas complejos: conceptos, método, y fundamentación epistemológica de la investigación interdisciplinaria* (Barcelona: Editorial Gedisa, 2006), 181-190.

Fundamentos de la teoría de los sistemas complejos

La teoría de los sistemas complejos es una propuesta para abordar el estudio de un fenómeno complejo, por ejemplo, la degradación del ambiente a través del manejo de los recursos naturales en áreas rurales y urbanas con actividades productivas como la agricultura, la ganadería y la silvicultura. Esta teoría integra los procesos de degradación ambiental, tales como los políticos, los económicos y los sociales. El punto medular en la teoría de sistemas complejos es la relación entre el objeto de estudio y las disciplinas a partir de las cuales se realiza el estudio. En esta relación está asociada la incapacidad de tomar en cuenta solo aspectos específicos de un fenómeno, proceso o situación a partir de una disciplina particular.

- 15 Rolando García, "Conceptos básicos para el estudio de sistemas complejos", *Los problemas del conocimiento y la perspectiva ambiental del desarrollo*, compilado por Enrique Leff (México: Siglo XXI, 1986), 341-407; Rolando García, "Interdisciplinariedad y sistemas complejos", *Ciencias sociales y formación ambiental*, compilado por Enrique Leff (Barcelona: Editorial Gedisa, 1994), 85-115.

En el mundo real las situaciones y los procesos no pueden ser relacionados exclusivamente con alguna disciplina, dado que son una realidad compleja. En este contexto un sistema complejo es una representación de un recorte de esa realidad, conceptualizada como una totalidad organizada, en la cual los elementos no son separables y por lo tanto no pueden ser estudiados aisladamente.¹⁵

Para García se trata al mismo tiempo de una metodología de trabajo y de un marco conceptual para la realización de investigación interdisciplinaria.¹⁶ Existen diversas formas de abordar el estudio de los sistemas complejos dependiendo de los objetivos que se persigan en cada programa concreto; teniendo como objetivo medular definir con precisión el sistema

- 16 García, *Sistemas complejos: conceptos*.

complejo, una vez fijados los objetivos de la investigación. El punto de inicio se establece con la pregunta o conjunto de preguntas que orientan la investigación, es decir, es posible formular una pregunta básica o pregunta conductora, que permita seleccionar los componentes del sistema complejo como son sus elementos, el límite y sus interacciones, tanto internas como externas.

Los sistemas complejos en la realidad empírica carecen de límites claros, tanto en su extensión geográfica como en su problemática, por lo que se considera que se trata de sistemas abiertos difusos, donde es necesario establecer recortes o límites relativamente arbitrarios para construir el sistema que se quiere estudiar. Acotar un sistema complejo implica, por una parte, la definición de los límites en forma tal que reduzca al mínimo posible la arbitrariedad en el recorte que se necesite y, por otra parte, la forma de tomar en cuenta las interacciones del sistema, es decir, establecer los criterios de lo que queda adentro y lo que queda afuera. El concepto de límite implica también la problemática a estudiar y el aparato conceptual que se maneja; así como, el tipo de fenómenos con sus escalas temporales y espaciales. Establecer los límites de un sistema complejo implica al mismo tiempo establecer las condiciones de contorno que son fundamentales para su estabilidad y su evolución.¹⁷

Los componentes de un sistema son inseparables, es decir, no son independientes. La elección de los elementos o los componentes de un sistema complejo no solo definen los límites, sino también la forma de organización interna o la estructura, ya que esta se define por el conjunto de relaciones entre los elementos que juegan un papel significativo para contestar la pregunta de investigación. Los elementos de un sistema complejo son considerados unidades complejas o subsistemas que interactúan entre sí y su determinación implica definir las escalas espaciales y temporales. Establecer las escalas tanto espaciales como temporales, permite establecer las relaciones significativas entre los subsistemas del sistema complejo, el punto clave es establecer un correlato entre un fenómeno a una determinada escala espacial y su evolución a través del tiempo.¹⁸

17 García, *Sistemas complejos: conceptos*; García, “Conceptos básicos...”; García, “Interdisciplinariedad y sistemas...”.

18 García, *Sistemas complejos: conceptos*; García, “Conceptos básicos...”; García, “Interdisciplinariedad y sistemas...”.

La estructura de un sistema complejo no está dada por las propiedades de sus elementos, sino por las relaciones entre estos. En este contexto, las propiedades estructurales del sistema complejo establecen su grado de inestabilidad en relación con una clase específica de perturbaciones, que a su vez está asociada a los procesos de desestructuración y reestructuración, que son el objetivo fundamental del estudio, es decir, de la dinámica del sistema complejo. Las estructuras en los sistemas complejos se encuentran en movimiento constante, donde las relaciones dentro de un sistema organizado se mantienen en condiciones estacionarias para ciertas escalas de tiempo y espacio, a través de procesos dinámicos de regulación. El punto central de la teoría de sistemas complejos es el estudio de los procesos, estos describen los cambios que tienen lugar en el sistema. En la teoría se establece la distinción entre niveles de procesos y niveles de análisis, señalando que en ambos casos existen procesos de primer nivel, segundo nivel y tercer nivel.¹⁹

19 García, *Sistemas complejos: conceptos*; García, “Conceptos básicos...”; García, “Interdisciplinariedad y sistemas...”.

Los procesos de primer nivel son los cambios producidos en el medio físico, en los métodos de producción, en las condiciones de vida y en el sistema de relaciones socioeconómicas, asociados a modificaciones del sistema productivo de la región. Los procesos de segundo nivel o meta procesos toman en cuenta las modificaciones del sistema productivo, tales como el desarrollo de cultivos comerciales, el desarrollo de la ganadería, la implantación de industrias extractivas manufactureras, etcétera, que indujeron cambios significativos en el primer nivel. Los procesos de tercer nivel analizan las políticas nacionales de desarrollo, modificaciones del mercado internacional, internacionalización de los capitales, etcétera, que determinan la dinámica de los procesos de segundo nivel. Cada uno de estos niveles de procesos tiene su correlato explicativo, es decir, sus niveles de análisis correspondiente.²⁰

20 García, *Sistemas complejos: conceptos*; García, “Conceptos básicos...”; García, “Interdisciplinariedad y sistemas...”.

La teoría de los sistemas complejos ofrece un marco no solo conceptual y metodológico, sino epistémico, basado en la epistemología genética de Jean Piaget o teoría del conocimiento desarrollada en la Escuela de Ginebra.²¹ El constructivismo piagetiano pone el punto de partida del proceso cognoscitivo en la acción “No hay lectura sin experiencia”, por ejemplo, los mecanismos de construcción son comunes, tanto en la coordinación de las acciones del

21 Rolando García, *El conocimiento en construcción: de las formulaciones de Jean Piaget a las teorías de los sistemas complejos* (Barcelona: Editorial Gedisa, 2000), 39-91.

niño y del adolescente, como en los conceptos y estructuraciones lógico-matemáticas de las teorías científicas, es decir, la base de todo conocimiento tiene su origen en las inferencias lógicas y de relaciones causales.

Desde la perspectiva constructivista, una investigación debe apoyarse en “hechos” observables que son mucho más que un simple registro perceptivo, ya que es interpretado a través de un marco conceptual que corresponden a la experiencia previa del investigador y a su propia concepción del mundo. La propuesta piagetiana apoyada en una concepción constructivista de la teoría del conocimiento presenta el sistema de las ciencias como una estructura de orden cíclico e irreducible a toda forma lineal. Se establece que el término ciencia contiene cuatro dominios o niveles y en cada uno de ellos las disciplinas se relacionan entre sí de manera diferente.

El análisis muestra el carácter cíclico de las relaciones entre las disciplinas en los dominios material y el dominio epistémico, así como la complejidad de las interrelaciones entre los diversos campos científicos. Los sistemas complejos están constituidos por elementos heterogéneos en interacción, lo cual significa que sus subsistemas pertenecen a dominios materiales de diversas disciplinas. El sistema de las ciencias de Piaget, con sus dominios circulares y su red de interacciones, elimina toda barrera teórica para articular los estudios que se realicen en los diversos dominios materiales.

Dentro de la teoría de los sistemas se han identificado dos propuestas metodológicas que presentan similitudes con la teoría de los sistemas complejos; la arquitectura de solución de problemas y la metodología de los sistemas blandos.²² La primera analiza el diseño de sistemas desde la perspectiva de la construcción de esquemas conceptuales estándar y la segunda tiene por finalidad la explicación y solución de problemas que no pueden ser definidos sino de manera insuficiente.

Los dos abordajes coinciden en la elaboración de un modelo que define las propiedades generales, las relaciones internas y externas, sus componentes y su entorno relevante. Los elementos considerados se refieren a las relaciones del sistema con el medio circundante, la modalidad de construcción del sistema, los factores o mecanismos de equilibrio, el grado de auto-

22 De la Reza, *Teoría general de los sistemas*.

23 De la Reza, *Teoría general de los sistemas*.

nomía de los subsistemas, la autoridad que orienta el proceso de integración, los límites entre los subsistemas y finalmente el nivel de diferenciación con otros subsistemas. De la Reza considera que estas propuestas son un avance conceptual-metodológico significativo ya que toman en cuenta las limitaciones permanentes del conocimiento científico, que pueden ser de tipo teórico (incompletitud y discontinuidad teórica) y empírico (indeterminación y multifinalidad),²³ en este sentido, la propuesta es establecer una conexión entre la teoría y el universo empírico con base en las nociones de circularidad y corrección o ajuste.

Otras perspectivas epistemológicas para el análisis de los sistemas complejos

24 Nisbet Robert, *Cambio social*, traducción de Leopoldo Lovelace (Madrid: Alianza Editorial, 1993).

La teoría sobre el cambio social y la construcción de conocimiento propuesta por Robert Nisbet se centra en la comprensión de la naturaleza del cambio social y cultural, y su papel como intermediarios en los procesos de transformación en escalas temporales de largo aliento.²⁴ Bajo el argumento que el cambio social e histórico se puede explicar y comprender a través de un paradigma basado en procesos discontinuos donde casi siempre el conflicto y la crisis son subyacentes. Todo cambio social e histórico se produce a través de eventos discontinuos de menor escala que se acumulan y se manifiestan a través de hechos contingentes como “interferencias inesperadas”, “eventos”, “interrupciones” o “intrusiones” en la vida social establecida de otra manera.

El punto de inflexión para el cambio social e histórico o teoría del cambio se representa por acontecimientos o eventos críticos como guerras e invasiones; acciones y reacciones de hombres y mujeres carismáticos, migraciones de poblaciones a través del espacio e ideas a través del tiempo; intercambios comerciales, de innovaciones e inventos, culturales, cambios ambientales, y desastres naturales.

En el contexto del presente ensayo es posible establecer elementos de correspondencia entre el marco epistémico de la teoría de los sistemas y la teoría de cambio social; ya que se basan en los principios de estratificación y la no-linealidad de los procesos evolutivos. La idea de cambio y conti-

nuidad del conocimiento, histórico y social, que presenta Nisbet tiene elementos que pueden enmarcarlo en una perspectiva sistémica; donde un sistema sociohistórico puede construirse a partir de criterios como escalas temporales, espaciales, procesos y eventos disruptivos que construyen nuestro objeto de estudio. Al igual que en la teoría de sistemas complejos propuesta por García, Nisbet postula la evolución o cambio a través de interrupciones sucesivas que constituyen un principio orientador como una fase sumamente importante en la investigación, en la cual deben considerarse dos aspectos complementarios; la historia de las reestructuraciones, además del tipo de transformaciones y su relación con las propiedades sistémicas. Así, la comprensión cabal del funcionamiento de un sistema complejo, como la Revolución Rusa, requiere un análisis de la historia de los procesos que condujeron al tipo de organización (estructura) y los cambios que se producen en un momento dado.

Otra perspectiva interesante que puede coadyuvar en el análisis de sistemas complejos es la propuesta por Ernest Cassirer, desde el análisis del símbolo como enlace y unidad del pensamiento sistémico. Cassirer en la introducción de su obra *Antropología filosófica* menciona que una de las consecuencias de la modernidad es que se carece de toda unidad conceptual, dado que cada área del conocimiento, los filósofos, los científicos, los políticos, los sociólogos, los biólogos, los psicólogos y los economistas, abordaban los problemas desde su perspectiva o especialidad. Así el análisis integral desde la complejidad es casi imposible, pues no se logra unificar las diversas áreas de conocimiento debido a la marcada especialización, la diversidad de áreas científicas específicas, siempre en crecimiento.²⁵

En el contexto de este diagnóstico Cassirer menciona que el hombre no puede escapar de las consecuencias de la modernidad, pero no puede existir solo en un universo físico sino en un universo simbólico. El lenguaje, el mito, el arte y la religión conforman el universo simbólico donde una diversidad de hilos teje una red compleja a través del pensamiento y experiencia. Desde una perspectiva epistémica o de construcción de conocimiento la realidad física parece retroceder ante el avance de la actividad simbólica a través de formas

25 Ernst Cassirer, *Antropología filosófica. Introducción a una filosofía de la cultura* (Ciudad de México: Fondo de Cultura Económica, 1945).

lingüísticas, en expresiones artísticas y en mitos o actos religiosos. El hombre es un ser racional, sin embargo, el sustrato común que lo liga a las diversas formas culturales y científicas es el símbolo, el hombre es un animal simbólico. El principio unificador que propone Cassirer es el símbolo que da acceso al mundo específicamente humano, al mundo de la cultura.

Cassirer indica que la filosofía de las formas simbólicas traza un camino en el proceso de construcción de conocimiento y de investigación ya que el hombre no entra en contacto con la realidad de forma directa sino a través de los símbolos. La construcción de conocimiento en un contexto de complejidad atraviesa por dos ejes, el primero se relaciona con la posibilidad de infundir unidad y el segundo con establecer el punto de encuentro entre todas las manifestaciones culturales, artísticas y científicas de la sociedad actual. Se considera una fenomenología del conocimiento tanto científico como precientífico que permite construir un mundo sobre la idea del hombre como ser simbólico cuya función creadora se lleva a cabo en los planos como la doxa (opinión), como en la episteme (conocimiento) y las relaciones entre estos. La filosofía de las formas simbólicas establece que la diferencia entre la naturaleza y el mundo es que este último es una construcción, es decir, el mundo como conocimiento ha sido producido por un ser simbólico fuera de todo determinismo natural por y para el hombre. Por tanto, los sistemas complejos y su análisis pueden hacerse a partir de formas simbólicas, pues se construyen a partir de símbolos que pueden permitir la integración de distintas áreas del conocimiento.

Análisis comparativo entre la teoría general de los sistemas y la teoría de los sistemas complejos

El pensamiento sistémico permea la teoría de los sistemas complejos de Rolando García, por lo que existen elementos comunes con la teoría general de los sistemas (tabla 1). La teoría de los sistemas complejos cumple así las premisas propuestas por Bowler como características generales de la teoría general de los sistemas.²⁶ Ambas teorías plantean la posibilidad de conocer

la naturaleza a partir de una totalidad organizada no descomponible, como sistemas abiertos o difusos, cuyos elementos definen las propiedades de la estructura, analizando las interacciones con el contorno y las perturbaciones que alteran el estado estacionario del sistema permitiendo la evolución de este a través del tiempo y el espacio. Reconocen una organización jerárquica con propiedades emergentes y la posibilidad de la construcción de isomorfismos o un sistema de las ciencias para establecer interacciones entre diversas disciplinas (transporte de leyes).

Tabla 1. Conceptos básicos en el pensamiento sistémico, que son compartidos por la teoría general de los sistemas y la teoría de los sistemas complejos

Concepto básico	Teoría general de los sistemas	Teoría de los sistemas complejos
Sistema abierto.	√	√
Complejidad ordenada.	√	√
Autorregulación.	√	√
Autoorganización.	√	√
Jerarquía sistémica.	√	√

Fuente: elaboración propia.

Una diferencia fundamental entre la teoría general de los sistemas y la teoría de los sistemas complejos es que en la primera los sistemas están dados, es decir, existen tantos sistemas como objetos de estudio se encuentren en la naturaleza. En la segunda los Sistemas se construyen a partir de un recorte de la realidad, de la cual se seleccionan variables críticas por sus posibles relaciones causales, que permitan contestar una pregunta de investigación o reconstruir los procesos (diacrónico) que han dado lugar a un estado determinado (sincrónico). En este contexto, la teoría de los

sistemas complejos enfatiza la importancia de la generación de un modelo conceptual-metodológico, es decir, la construcción analítica de una parte de la realidad a partir de una hipótesis de trabajo, que permite la definición de las propiedades generales, las relaciones internas y externas, así como sus componentes y el entorno relevante.

La teoría general de los sistemas agrupa un conjunto de metodologías que en su mayor parte suponen la existencia de sistemas en la naturaleza y la sociedad. Sin embargo, si se revisan las diversas propuestas como el concepto de ecosistema y el de sistema social, la forma de reconocerlos implica de manera implícita la construcción de un sistema, a través de la selección de elementos que el investigador considera sustantivos e identifica relaciones y procesos entre estos, lo que constituye la estructura del sistema. El punto fino en la construcción de un sistema radica en diferenciar un complejo empírico (un bosque, un lago, un sindicato, una forma de gobierno, etcétera) de un sistema conceptual construido sobre este (las interacciones tróficas, especies indicadoras, las redes de poder, relaciones partidarias, etcétera).

Otra diferencia importante es que la teoría general de los sistemas pretende abarcar la totalidad de un sistema tomando en cuenta todas las relaciones entre las variables que intervienen en sus procesos y su estructura. En contraparte, García indica la imposibilidad de separar todas las variables de un sistema, ya que, en un sistema no descomponible, los distintos componentes solo pueden ser definidos en función del resto, es decir, de su complejidad.²⁷ En este contexto, propone un modelo conceptual-metodológico para abordar el estudio de los sistemas complejos, estableciendo un conjunto de fases de diferenciación e integración que le permitirá la construcción del sistema complejo. El objetivo de este modelo conceptual-metodológico es lograr a través del juego dialéctico en las fases de diferenciación e integración que tienen lugar en el proceso que conduce a la selección de elementos y reconocimientos de relaciones y procesos en diferentes escalas espaciales y temporales.

27 García, *Sistemas complejos: conceptos*.

Consideramos que el enriquecimiento del pensamiento sistémico, por parte de Rolando García no se circunscribe solamente a la “ciencia de los sistemas” como la exploración y la explicación científica de los sistemas o de diversas disciplinas científicas, orientadas en particular a las múltiples determinaciones que intervienen en los procesos ambientales. El autor de la propuesta de sistemas complejos ahonda también en los componentes ontológico, epistemológico y de valores.

El componente ontológico, consiste en definir qué se entiende por sistema y como los sistemas se reconocen en los distintos niveles del mundo de la observación, planteando la definición de un sistema, y proponiendo una forma de construirlo a través de recortes empíricos, selección de elementos, reconocimiento de relaciones y procesos a diferentes niveles de organización. El componente epistemológico, propone que la investigación de totalidades organizadas de muchas variables requiere nuevas categorías de interacción, transacción, organización, etcétera, lo que permite la construcción de conocimiento en un contexto de complejidad, es decir, aborda cómo establecer el objeto de estudio y desde qué bases enfocarlo. El marco epistémico se forma por el conjunto de preguntas que un investigador construye en relación con el dominio del mundo que desea estudiar, por lo que representa cierta concepción de la realidad y está influido por la jerarquía de valores del investigador, lo cual no es un hecho empírico sino una construcción condicionada.

Para la teoría general de los sistemas es posible establecer un lenguaje común entre los sistemas existentes en la naturaleza y la sociedad a través de isomorfismos, de tal manera que es posible una unidad de la “ciencia” que permita realizar investigaciones interdisciplinarias a través de equipos multidisciplinarios. El investigador o el conjunto de investigadores deben ser conscientes cuando estudian un sistema complejo del modo en que la sociedad condiciona la construcción del objeto de estudio, ya que se trata de problemáticas globales donde los factores sociales juegan un papel fundamental. La concepción tanto sociológica como genética debe ser común

a todos los miembros de un equipo multidisciplinario con el objetivo de construir un marco conceptual común.

El componente de valores se ocupa de las relaciones entre el mundo y el hombre imbuidos en el pensamiento sistémico. En este punto, la teoría de sistemas complejos imprime un sello particular, ya que señala que toda investigación interdisciplinaria se encuentra influida por un contexto social y político, que es fundamental tomar en cuenta para su desarrollo. Es decir, un equipo interdisciplinario no solo está compuesto por especialistas de diversas áreas, sino por individuos que tiene un origen social y político, con una forma de traducir la realidad que influye en la construcción de un marco epistémico común, punto esencial para llevar a buen término una investigación interdisciplinaria. Lo que une a un grupo interdisciplinario es un marco conceptual y metodológico común, que se origina de una concepción compartida de la interacción ciencia-sociedad, lo que conducirá a ubicar la problemática a estudiar dentro un mismo enfoque, producto de las diversas disciplinas de los miembros del equipo.

Campo de complejidad y críticas a la teoría de los sistemas complejos

Dentro del campo de la complejidad los autores Leonardo Rodríguez y Paula Rodríguez realizaron un análisis comparativo a través del modelo de espacios controversiales propuesto por Oscar Nudler.²⁸ La propuesta Nudler constituye una propuesta para analizar al mismo tiempo el cambio y la continuidad del conocimiento. La meta es elaborar un marco analítico que permita dar cuenta del cambio teórico y conceptual en ciencia y filosofía enfocando la pregunta central hacia la problemática relativa a ¿cuál es la dinámica del conocimiento a lo largo del tiempo?

La riqueza del modelo se basa en la premisa que señala la imposibilidad de reducir el conocimiento a un proceso meramente continuista, es decir, continuidad y cambio son una unidad compleja irreductible. Los dos elementos conceptuales fundamentales del modelo son: a) el de controversia,

28 Leonardo Rodríguez y Paula Rodríguez, "El espacio controversial de los sistemas complejos", *Estudios Filosóficos* 50, (diciembre de 2014): 103-129; Oscar Nudler, "Campos controversiales y progreso en filosofía", *Revista Internacional de filosofía* 25 (octubre de 2002): 337-352.

y b) el de espacio controversial. Una controversia es una cuestión o tema problemático sobre el cual giran posiciones en desacuerdo o disenso, es decir un espacio controversial que está constituido por dos propiedades estructurales: el “foco” y de *common ground*.

El análisis se centra en tres perspectivas específicas del campo de la complejidad: la ciencia de la complejidad, el pensamiento complejo y la teoría constructivista de los sistemas complejos. El punto central de la controversia se desarrolla con base al sentido y alcance del concepto de complejidad. Las controversias entre las tres perspectivas del campo de la complejidad se centran en los aspectos epistemológicos y metodológicos de la complejidad y de forma específica en el papel que juegan los valores (sociales, éticos y políticos) en la investigación de los sistemas complejos.

Los espacios de controversia identificados son el pensamiento complejo (dinámica evolutiva) y las ciencias de la complejidad (dinámica no lineal) como el estudio de los sistemas complejos adaptativos. El primero se basa en los paradigmas de la complejidad como construcciones filosóficas y el segundo en los algoritmos de la complejidad donde los formalismos tienden a materializarse en modelos de simulación. La balanza del espacio controversial gira en torno a un dualismo teórico-empírico donde las críticas se centran en el caso de las construcciones filosóficas como formulaciones con un alto nivel de generalidad y sin capacidad de investigación empírica y, por otro lado, las ciencias de la complejidad son instrumentos concretos, habitualmente cristalizados en un modelo de simulación con soporte de cómputo definidos como una “herramienta para poder hacer”.

Ambos espacios controversiales son extremos de un gradiente donde encontramos posiciones intermedias, donde el concepto complejidad los entremezcla. En este sentido la obra de Rolando García permite encontrar puntos de acuerdo, o *common ground* aludiendo al modelo de espacios controversiales, donde es posible identificar tres aspectos de conexión entre ambas posiciones: en primer lugar, brinda un marco teórico-conceptual para el estudio de sistemas complejos; en segundo lugar, ofrece una metodología

de investigación interdisciplinaria para el abordaje de tales sistemas y brinda la fundamentación epistemológica del enfoque teórico y metodológico para el campo de la complejidad.

29 Rodríguez y Rodríguez, “El espacio controversial...”.

Los autores Rodríguez y Rodríguez desarrollan tres conclusiones sobre el campo de la complejidad a partir del modelo de espacios controversiales.²⁹ La primera consiste en que el campo de la complejidad constituye un espacio controversial débilmente integrado debido a la ausencia de debates entre las diversas posiciones como el pensamiento complejo, la ciencia de la complejidad y la teoría constructivista de los sistemas complejos. Otra posible explicación de esta debilidad es que no identifican de forma clara un *common ground* o puntos de acuerdos entre las diversas posiciones teorías-metodológicas del campo de la complejidad, debido al tiempo relativamente corto de contrastación y discusión que se limita a un par de décadas. Un punto en común es que las perspectivas del campo de la complejidad provienen de una misma herencia científica constituida por “las teorías pioneras de la complejidad”, por ejemplo la teoría general de los sistemas, la teoría de la información, la cibernética, la teoría de la autoorganización (autopoiesis), la geometría fractal, la teoría del caos y la termodinámica de los procesos irreversibles.

Una segunda conclusión señala que en el campo de la complejidad no se ha realizado ningún avance sustantivo teórico y empírico que indique como se establecería una red de vínculos entre el pensamiento complejo y las ciencias de la complejidad, es decir, no ha sido posible realizar una síntesis epistemológica, teórica y metodológica. Sin embargo, en la última década se reconocen que existen esfuerzos en estos sentidos para articular los diversos enfoques del campo de la complejidad. El espacio controversial se encuentra en una fase progresiva lo que implica un proceso de profundización y ampliación en torno a aspectos y cuestiones problemáticas. Las controversias planteadas no limitan el debate ni evitan la opción de analizar aristas conflictivas de dichas controversias. Las controversias analizadas abren verdaderas pistas de investigación tanto en el plano teórico como metodológico.

La tercera conclusión reconoce que no fue posible identificar el proceso dinámico o evolutivo del campo de la complejidad, debido en parte,

a la juventud del espacio controversial, el cual se ha constituido a partir de debates generados en la última década. Embrionariamente, se identifica un proceso de refocalización o cambio estructural del campo de la complejidad, al incluir en los debates o controversias los aspectos ético-políticos en la investigación y la problematización de los temas que abordan sistemas complejos en dos ejes. Por una parte, los componentes ético-políticos en el desarrollo de la práctica científica y, por otro lado, el impacto social y político del proceso de conocimiento generado desde las diversas perspectivas de la complejidad.

En 2017, Rodríguez Zoya presenta una serie de propuestas de investigación interdisciplinaria de la teoría de los sistemas complejos desde una perspectiva crítica con el fin de avanzar en la frontera del campo de la complejidad.³⁰ Una característica fundamental de la teoría de los sistemas complejos es la propuesta de constituir un programa de investigación que conjunte prácticas científicas específicas a lo largo de un periodo con alcance espacial variable, orientadas hacia un dominio de problemas o campo problemático. El objetivo de un programa de investigación, en lo social y político, en que tales prácticas científicas se proponen simultáneamente una meta epistémica y política; es decir, construir conocimiento a través de estrategias para transformar problemáticas concretas en situaciones más deseables.

Rodríguez Zoya problematiza la teoría de los sistemas complejos, a través del concepto de crítica de Immanuel Kant, retomado por Michel Foucault.³¹ Este concepto señala que la ilustración no es un periodo histórico o un proyecto, sino más bien un ethos o un marco de conducta donde el punto clave consiste en problematizar en forma sistemática qué somos, quienes somos y como hemos llegado a ser lo que somos y, por lo tanto, cómo hemos llegado a pensar como pensamos, cómo hemos llegado a actuar del modo en que nos comportamos. La problematización es la caracterización de las condiciones del “cómo y por qué ciertos procesos, una conducta, un fenómeno, un proceso, se convierten en un problema”. En el contexto de la teoría de los sistemas complejos de Rolando García, la problematización es un trabajo que llama al pensamiento de carácter controversial y dialéctico.

30 Leonardo Rodríguez Zoya, “Complejidad, interdisciplina y política en la teoría de los sistemas complejos, de Rolando García”, *Civiliza: Ciencias Sociales y Humanas* 17.33 (julio-diciembre de 2017): 221-242.

31 Rodríguez Zoya, “Complejidad, interdisciplina y política...”.

Desde la problematización, Rodríguez Zoya desarrolla nueve críticas a la teoría de los sistemas complejos que permiten generar alternativas posibles y explorar el franqueamiento a sus límites:

1. El concepto de modelo no es precisado en el trabajo de Rolando García ya que se menciona de forma implícita y su uso es ambiguo. La teoría de los sistemas complejos presenta una ambigüedad semántica en relación con el concepto de modelo, por una parte, recurre a una representación simplificada de la realidad y, por otra, como un sinónimo de sistema complejo construido. Sin embargo, García critica el uso excesivo de modelos formales y matemáticos que validan como “científico” todo estudio que se basa en la modelación a través de aparatos matemáticos como sistemas de ecuaciones no lineales.³² García indica que los procesos sociales y políticos no pueden ser modelados con herramientas matemáticas. Una propuesta para la definición y uso de modelos en la teoría de sistemas complejos, dependiendo del problema estudiado, son el uso de modelos mentales, la construcción conjunta de modelos discursivos, la generación de modelos conceptuales de distintos niveles de abstracción y precisión, la utilización de distintos tipos de datos empíricos para la construcción de modelos cualitativos o cuantitativos y en su caso la construcción de modelos matemáticos y modelos de simulación. La línea de desarrollo metodológico implicaría explicitar el proceso interdisciplinario de modelizaciones sucesivas dentro del proceso de investigación interdisciplinaria.
2. Los conceptos problema y sistema complejo tienen un manejo ambiguo en la literatura de Rolando García, no se presenta una reflexión y fundamentación sobre la aplicación de ambos términos. Se señala que existe una carencia teórica entre el concepto de problemáticas complejas y sistemas complejos. No obstante, la expresión sistema complejo puede presentar dos vertientes: por un lado, señala problemáticas específicas donde es necesario profundizar en su conocimiento para su transformación y, por otro lado, indica la construcción de un modelo teórico explicativo del fenómeno estudiado. Esta ambigüedad compromete el rigor y la precisión intelectual de la teoría de sistemas complejos.
3. En la teoría de los sistemas complejos, se presenta un descuido comunicacional de la investigación interdisciplinaria a través del cual los

32 García, *Sistemas complejos: conceptos*.

especialistas de distintas disciplinas, con ejes axiológicos, teóricos y metodológicos diferentes, logran comunicarse y comprenderse. Los objetivos son tener un marco epistémico común que permita una concepción compartida de la relación ciencia-sociedad, la construcción colectiva del problema de investigación y el desarrollo de un modelo conceptual común del sistema complejo en estudio. En la teoría de sistemas complejos, Rolando García no indica de forma clara como abordar y resolver este desafío en la dimensión comunicacional de la investigación interdisciplinaria que resulta crucial para incrementar su factibilidad práctica y metodológica.

4. La teoría de sistemas complejos presenta una falencia sobre cómo articular la metodología interdisciplinaria con métodos de investigación de otras ciencias y disciplinas, como la investigación cualitativa, la estadística o la simulación computacional. En este contexto surge la pregunta ¿qué métodos y técnicas pueden emplearse para la modelización interdisciplinaria de un sistema complejo en los términos la propuesta de Rolando García? En este sentido, la operatividad metodológica y técnica constituye una línea de trabajo concreta para el desarrollo de la teoría de los sistemas complejos. Un punto clave es que los métodos y técnicas utilizados en una investigación interdisciplinaria dependerán del problema analizado, de las ciencias involucradas y del tipo de información necesaria para su tratamiento.
5. El marco epistémico común es una categoría clave en la investigación interdisciplinaria, en la cual se asigna un papel metodológico a los valores ético-políticos, es decir, con un enfoque teórico-metodológico axiológicamente no neutro. Se plantean dos preguntas sobre el marco epistémico común que no son resueltas en la teoría de sistemas complejos ¿cómo investigar empíricamente un marco epistémico?, y ¿cómo pueden los miembros de un equipo de investigación explicitar y construir en conjunto un marco epistémico común? La primera pregunta se refiere a la importancia empírica del marco epistémico en la construcción del conocimiento de una ciencia o disciplina particular, y la segunda pregunta, tiene implicaciones sobre la cosmovisión, es decir, los investigadores no eligen un marco epistémico con el cual pensar, sino que piensan con base en un marco epistémico construido social, cultural e históricamente.

6. Se reconoce que, en la teoría de sistemas complejos, se presenta un déficit democrático en la elaboración de un diagnóstico integrado del funcionamiento del sistema a través de una pregunta conductora y se plantea una estrategia o programa de acción para transformar el sistema. Sin embargo, la construcción de la pregunta conductora y el planteamiento de un modelo de futuro no son propuestas neutrales, ya que entra en juego la cosmovisión y el sistema de valores que constituyen el marco epistémico. Es un déficit democrático del enfoque constructivista de los sistemas complejos, en relación con los actores sociales que constituyen los problemas complejos y no son incluidos en la construcción metodológica de la investigación interdisciplinaria en sistemas complejos.
7. La investigación interdisciplinaria que propone la teoría de sistemas complejos supone científicos competentes, aptos para el trabajo interdisciplinario. Resalta la importancia del papel que juega el sistema educativo en la práctica interdisciplinaria de las ciencias, inhibiendo o estimulando el trabajo en equipo de especialistas de diversos campos. La formación interdisciplinaria debe poner el acento en las prácticas de experiencias interdisciplinarias donde los investigadores y especialistas adquieran un *ethos*, es decir, un modo de pensar y hacer ciencia que estimulen actitudes que faciliten la acción colectiva. El tópico pedagógico es clave en la teoría de sistemas complejos ya que no se trata de aprender mucho, sino de pensar en relaciones causales.
8. Este punto se relaciona con la crítica siete –crítica previa–, en particular con el diseño institucional y las políticas públicas de la ciencia y tecnología de un país, la pregunta clave que se plantea en este contexto es ¿en qué medida la cultura organizacional y las reglas institucionales de los sistemas de ciencia y tecnología de los diversos países estimulan u obstaculizan el desarrollo de prácticas científicas interdisciplinarias? La mayor parte de los sistemas de evaluación científica en América Latina se basan en criterios que promueven prácticas científicas donde la construcción de conocimiento está desvinculado de los problemas reales de la sociedad y los científicos privilegian la permanencia y ascenso por sobre la dimensión social y política de sus prácticas. La problemática político-institucional de la interdisciplina de estudios

sobre ciencia, tecnología y sociedad que abordara la cuestión de cómo promover y cómo evaluar la investigación.

9. Finalmente, el autor señala que la pretensión de redefinir la teoría de sistemas complejos como un programa de investigación interdisciplinario requiere, necesariamente, problematizar la relación ciencia y política en tres niveles: i) el papel de la política científica; ii) las políticas públicas como forma en que la ciencia influye en la sociedad, y iii) el rol axiológico en las instituciones científicas en el proceso de construcción de conocimiento científico. ¿La pregunta clave es qué tipo de política científica sería necesaria para promover el desarrollo de programas de investigación interdisciplinaria de problemas complejos concretos? De tal forma que la construcción de conocimiento interdisciplinario de sistemas complejos se articule con el diseño de políticas públicas orientadas a la gestión y transformación de la realidad social.

Conclusiones

La teoría de los sistemas complejos propuesta por Rolando García presenta todas las características para ser cobijada por el pensamiento sistémico como una propuesta innovadora, dado que García propone además un marco epistemológico que permite generar metodologías para abordar la complejidad socioambiental. En este contexto, consideramos que la teoría de los sistemas complejos es una opción satisfactoria para abordar la complejidad de los procesos ambientales, ya que está compuesta por múltiples indeterminaciones, que es necesario abordar desde una perspectiva teórica-metodológica que permita la construcción de sistemas con base en las variables críticas para entender las causales distales y proximales del deterioro ambiental dentro de un contexto social, económico y político a diferentes escalas tanto local, regional, nacional como internacional. Lo interesante de la teoría de los sistemas complejos es que no solo es una teoría, es una guía metodológica para la realización de estudios e investigaciones relacionadas con la complejidad socioambiental. Los proyectos de desarrollo en regiones

agropecuarias deben tomar en cuenta una multiplicidad de problemas que involucran al medio físico y biológico, la producción, la tecnología, la política pública, la sociedad y la economía. Este conjunto constituye un complejo que funciona como una totalidad organizada, esta complejidad se refiere a la interdefinibilidad y mutua dependencia de las funciones que desempeña dentro de una totalidad. Un complejo agrario no tiene límites espaciales precisos y un número de elementos concreto, las características de sus elementos difícilmente pueden ser registradas y clasificadas de manera específica, es decir, la producción de cultivos, la importación de elementos de producción, el consumo de agua y nutrientes del suelo, el trabajo de los campesinos, migraciones, entradas económicas se interrelacionan como un sistema o funcionan como una totalidad organizada.